

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 111 (1993)  
**Heft:** 46

**Artikel:** Vereina: FGU-Studientagung mit Excursion, Davos, 14./15. Oktober 1993  
**Autor:** Brux, G.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-78283>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

die Gefahr von übermässiger Lärmbelastung. Für das Vereinaprojekt wurde bereits 1987 ein Umweltverträglichkeitsbericht (UVB) erstellt. Darin ist vorgesehen, die Ver- und Entsorgung der Baustellen so weit als möglich per Eisenbahn durchzuführen. Dank dieser Massnahme lässt sich die Luftbelastung sehr gering halten. Demzufolge waren bisher im allgemeinen keine langandauernden negativen Einflüsse der Bauarbeiten auf den Tourismus und die Bevölkerung festzustellen und sind in Zukunft auch nicht zu erwarten.

Im Detail sind hingegen schon Probleme aufgetaucht oder noch zu erwarten.

Das betrifft beispielsweise Standorte, wo Menschen sehr nahe an einer Baustelle wohnen. Es betrifft aber auch Situationen, wenn z.B. aus Kostengründen von ursprünglich, sehr umweltfreundlichen Vorhaben abgesehen werden muss. In solchen Fällen wird auch in Zukunft unter Einbezug aller Beteiligten und Betroffenen und in Zusammenarbeit mit dem Beratungsteam der BfÖ, die unter den gegebenen Umständen beste und gesetzeskonforme Lösung gefunden werden müssen.

Adresse der Verfasserin; I. Sommer, BfÖ Bürogemeinschaft für angewandte Ökologie, Quaderstr. 8, 7000 Chur und Seefeldstr. 224, 8008 Zürich

#### Literatur

RhB-Vereinalinie:

- [1] Messkonzepte Lärm und Lufthygiene vom 16.4.91 und 29.11.91, BfÖ Chur
- [2] Immissionsmessungen vor Baubeginn/Installationsphase, 1. Zwischenbericht, April 91, 2. Zwischenbericht September 92, BfÖ Chur
- [3] Lärmimmissionsmessungen ohne Baulärm, Oktober 91, BfÖ Chur
- [4] Immissionsmessungen während der intensivsten Bauphase in Vereina-Süd, BfÖ Chur, in Vorbereitung
- [5] Lärmimmissionsmessungen Bauphase, 1. Zwischenbericht, Dezember 92, BfÖ Chur

## Tagungsberichte

### Vereina

FGU-Studientagung mit Exkursion, Davos, 14./15. Oktober 1993

**Die SIA-Fachgruppe für Untertagebau (FGU) richtete am 14. und 15. Oktober 1993 in Davos eine Studientagung über das Vereina-Projekt mit einer Baustellenbesichtigung des Zugwald- und des Vereinatunnels aus. Ziel der Tagung war, den Teilnehmern einen Einblick in die vielseitigen Probleme bei der Planung und Bauausführung des Vereinatunnels zu geben.**

Dipl. Bauing. ETH/SIA *Walter Krebs* von der StuaG (Konzernbereich Tunnel und Felsbau) aus Bassersdorf eröffnete als Vizepräsident der FGU die Tagung im Kongresszentrum Davos. Er konnte mehr als 200 Teilnehmer, u.a. auch aus Deutschland, Frankreich, Liechtenstein und Österreich, begrüßen, bedauerte allerdings, dass einige bedeutende Fachleute wegen des zur gleichen Zeit in Salzburg stattfindenden XLII. Geomechanik-Kolloquiums nicht dabei waren.

#### Vereinalinie

Die Fachvorträge begann lic. oec. *Silvio Fasciati* aus Chur als Direktor der Rhätischen Bahn (RhB) mit seinen Ausführungen über die Entstehung der Vereinalinie – von der Idee Anfang der 70er Jahre bis zum Baubeginn im April 1991.

Bereits im Jahr 1984 hatte man sich entschieden, anstelle des Flüela-Strassenprojekts das Vereinavorhaben zu verwirklichen, d.h. eine Eisenbahnlinie mit Vereinatunnel und Autoverladung zu bauen. Die Vereinalinie wird nach etwa neunjähriger Bauzeit zum Fahrplanwechsel im Frühjahr 2000 in Betrieb genommen werden.

Die neue 21,5 km lange Eisenbahnlinie von Klosters im Prättigau durch den Vereinatunnel nach Susch/Lavin im Unterengadin schliesst eine Lücke im Netz der RhB. Durch die neue Strecke werden das entlegene Unterengadin und das Münstertal nicht nur Nordbünden, sondern auch den übrigen Landesteilen verkehrstechnisch und volkswirtschaftlich erheblich nähergebracht.

Zudem ersetzt diese neue Verbindung während der Winterzeit die Flüelapassstrasse und gewährleistet mit der «rollenden Strasse» durch den Vereinatunnel auch für den Autoverkehr eine wintersichere Verbindung; dadurch wird sich die Reisezeit zwischen Chur und Scoul-Tarasp von 3 1/4 Stunden durch den Albulatunnel dereinst auf 1 1/2 Stunden verkürzen.

Dipl.-Bauing. ETH/SIA *Willy Altermatt* aus Chur brachte als Oberingenieur RhB einen Überblick über die Entwicklung der RhB seit Bestehen 1889 und bau- und betriebstechnische Einzelheiten der Vereinalinie; so war bei der Tunnelführung die Vermeidung von Wohngebieten und landwirtschaftlichen Flächen massgebend. Der Verbindungsverlust ergab jedoch eine Akzeptanz der jetzt beschlossenen Linienführung. Weiter wurde die betriebliche Optimierung auf einer Schmalspurbahn erörtert (Wegfall von Spitzkehren usw.). Kritisch bleibt weiter die Beanspruchung der Landschaft während der Bauzeit, denn das Projekt ist erst in der Anfangsphase.

#### Baukosten

Für die Vereinalinie betragen die Baukosten 538 Mio. Franken beim Preisstand 1985; 85% werden der RhB gemäss Bundesbeschluss von Ende 1986 als nicht rückzahlbarer Kredit gewährt. Bis Mitte Juni 1993 waren Arbeiten für 436 Mio. Franken vergeben, das sind 89% der Bauarbeiten. Aus heutiger Sicht werden die Kosten voraussichtlich um rund 66 Mio. Franken oder 12,2% überschritten; diese Mehrkosten be-

treffen allgemeine Ausgaben, die bahntechnischen Anlagen und den Hochbau, nicht jedoch den Tunnelbau. Falls dieser Betrag nur zur Hälfte durch zusätzliche Kredite gedeckt werden kann, ist mit einer Komforteinschränkung zu rechnen, d.h., es verkehren dann weniger Autozüge (120 statt 190 PW/h und Richtung).

#### Projektgrundlagen

Im 2144 m langen Zugwaldtunnel zweigt die Vereinalinie in Höhe von Salfranga nach Klosters ab; der Tunnel ist einspurig und wird vom Nordportal aus aufgeföhren. Der 19048 m lange Vereinatunnel zwischen Klosters Selfranga und Susch/Sagliains ist der Haupttunnel der Vereinalinie und gehört zu den längsten Eisenbahntunnels im Alpenraum; er weist mit beidseits je rund 2 km langen Zweispurstrrecken ein 15 km langes, einspuriges Mittelteil mit einer Ausweichstation auf. Der Tunnel wird im Südos im Sprengvortrieb (Hufeisenprofil) aufgeföhren, wogegen auf der Nordseite im Einspurabschnitt (Kreisprofil) die Tunnelbohrmaschine (TBM) aus dem Zugwaldtunnel eingesetzt wird.

Dr. phil., dipl. Natw. ETH/SIA *Franz Keller* von der Dr. M. Kobel+Partner AG, Büro für technische Geologie in Sargans, sprach über die «Geologie des Zugwald- und des Vereinatunnels». Beim durch den Gotschnahang föhrenden Zugwaldtunnel sind jährliche Verschiebungen von 1 cm zu berücksichtigen. Der Vereinatunnel durchfährt eine Reihe verschiedener während der Alpenfaltung gebildeter Decken; über 15 km des Tunnels kommen in Gneise und Amphibolite der Silvretta-Decke mit bis zu 350 N/mm<sup>2</sup> Druckfestigkeit zu liegen, der Rest in einer Vielfalt von Kalk, Tonschiefern, Dolomiten, Sandsteinen usw. Ein besonderes Problem für die Bautechnik stellt dabei die streckenweise grosse Überlagerung von mehr als 1500 m dar, die bedeutende Verformungen im Bereich der Tunnelröhre erwarten lässt.

Dipl. Bau-Ing. ETH/SIA *Peter Könz*, Direktor der Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG in Zürich, berichtete über «übergeordnete Gesichtspunkte und ihre Auswirkungen auf Projekt und Ausführung der

Vereinialinie», wie Festlegung der Linie, Einteilung in die Baulose

- Lockergesteinsstrecke des Zugwaldtunnels,
- Drei- und Zweispurstrecke Nord des Vereinatunnels,
- TBM-Vortrieb im Zugwaldtunnel und Vereinatunnel Nord,
- Tagbautunnel Süd des Vereinatunnels und
- Felsvortrieb (Drei-, Zwei- und Einspur) Süd,

Erschliessung der Baustellen, Installationsplätze und Deponien, Bewirtschaftung des Ausbruch- und Aushubmaterials (Verwendung als Zuschlag für Beton und Spritzbeton, Gleisschotter, Kofferungen und Auffüllungen), Emissionen und Umwelt, Stand der Vergabe und Arbeiten sowie Bauprogramm und Kosten. Bei Langzeitbaustellen, wie bei der Vereinialinie mit fast zehn Jahren Bauzeit, muss Flexibilität gewahrt werden, will man innerhalb des Kostenrahmens bleiben.

Dr. h.c., dipl. Bauing. ETH/SIA *Rudolf Amberg* von der Amberg Ingenieurbüro AG in Sargans schilderte anschaulich die «zu erwartenden Probleme beim Bau des Vereinatunnels und damit verbundene Auswirkungen auf das Projekt». Beim Bau eines so langen Tunnels treten erfahrungsgemäss unvorhergesehene Ereignisse auf. Theoretische Kenntnisse und praktische Erfahrungen müssen hier zum möglichst genauen Abschätzen der Kosten zusammenwirken; ausserdem sind laufende Kostenkontrollen notwendig. Beim Vereinatunnel haben wöchentlich durchgeführte Kostenkontrollen dazu geführt, dass die veranschlagten Kosten trotz der Ausgabe von rund 20 Mio. Franken für Unvorhergesehenes bisher nicht überschritten worden sind.

Die Tunnels der Vereinialinie werden zum grossen Teil mit einer Tunnelbohrmaschine (TBM) aufzufahren; zur Anpassung an die verschiedenen Gebirgsdrücke hat sie einen veränderlichen Bohrkopfdurchmesser. Der Ausbau der Tunnelröhre geschieht nicht mit Tübbings, sondern nur mit einem Sohlübbing und einschalig mit Ankeren, wo erforderlich mit Einbaubögen, Netzen und Spritzbeton. Beim Betonspritzauftrag wird anstelle des Trockenspritzverfahrens das Nassspritzverfahren mit Dichtstromförderung (Pumpenförderung) angewendet und möglichst ferngesteuerte mechanische Spritzarme (Manipulatoren) eingesetzt; dadurch werden die Arbeitsbedingungen für den Düsenführer verbessert. Die grössere Einbauleistung (>10 m<sup>3</sup>/h je Spritzdüse) ergibt einen rascheren Arbeitsfortschritt und verringert die Baukosten. Die Spritzbetonbauweise erfordert jedoch grosse Erfahrung, Flexibilität und ins einzelne gehende Planung, vor allem bei so langgestreckten Baustellen. – Es sollen neuartige Abdichtungen verwendet werden.

### Bauablauf und besondere Ingenieuraufgaben

#### Baustelle Vereinatunnel Süd

Nach dipl. Bauing. ETH/SIA *Duri Paly*, Direktor der Conrad Zschokke AG in Chur, wird dieses Baulos mit rund 2 km Zweispurtunnel und anschliessend 4,5 km langen Einspurtunnel mit 69-77 m<sup>2</sup> bzw. 39 m<sup>2</sup> Ausbruchfläche und insgesamt 0,75 Mio. m<sup>3</sup>

Ausbruchmaterial im Sprengvortrieb (Vollausbruch) vorgetrieben; in etwa 150 m Abstand folgt dem Vortrieb (8,4 m/d, max. 12 m/d) das Sohlgewölbe und der Gleisbau. Wegen der nur 5,20 m breiten Sohle im Einspurtunnel wird hier der Ausbruchtransport auf Gleisbetrieb umgestellt. Der Spritzbeton für die Felssicherung und den Ausbau wird mit einem Spritzmobil (Betonpumpe und Manipulator) eingebaut. Derzeit beträgt der Vortrieb rund 2020 m und die Länge der Tunnelsohle rund 1500 m und des Ausbaus rund 1000 m.

Anschliessend sprach dipl. Bauing. ETH *Rubi Brunold* von der Rätia Ingenieure AG in Lavin über «Probleme bei der Durchörterung der Störzonen auf der Südseite». Zwischen Tunnel-m (Tm) 500 und 927 stiess man auf eine 7 m mächtige wasserführende Lehmschicht, die zum Verbruch der Tunnelbrust führte. Nach dem Einbau einer Drainage konnte sich diese Zone stabilisieren und der Kalottenvortrieb mit Tunnelbögen, Ankeren und Spritzbeton fortgesetzt werden.

#### Baustelle Zugwaldtunnel sowie Drei- und Zweispurstrecke Vereinatunnel Nord

Nach dipl. Bauing. ETH/SIA *Werner Hufschmid*, Direktor der Walo Bertschinger AG in Schlieren, wird dieses Baulos im Vereinatunnel auch konventionell vorgetrieben (Sprengvortrieb: Bohren, Laden, Sprengen, Schüttern, Felssichern). In der Lockergesteinsstrecke im Zugwaldtunnel hat man dagegen das Jettingverfahren angewendet und für den Ausbau schwere Tunnelbögen, Netze und Spritzbeton verwendet.

Für die Felssicherung und den einschaligen Ausbau wird Nassspritzbeton (mit neuen Zusatzmitteln) verwendet und zum Einbau möglichst Manipulatoren eingesetzt. Als Vorteile werden u.a. geringer Druckluftbedarf, weniger Rückprall und eine bessere Spritzbetonqualität genannt und als Nachteile höhere Investitionen, Transport- und Reinigungskosten. – Für die Felssicherung in den Voreinschnitten der Tunnel wurde teilweise Stahlfaserspritzbeton verwendet.

Anschliessend sprach Ing. HTL *Bruno Röthlisberger* von der Amberg Ingenieurbüro AG in Klosters über «Erfahrungen mit dem Jettingverfahren im Zugwaldtunnel». Vom Nordportal bei Klosters führt der Tunnel auf rund 275 m Länge durch Lockergestein bei Überlagerung bis 120 m Höhe. Deshalb wurde das Kalottenprofil mit 3015,50 m langen Jet-Pfählen im Abstand von 45 cm vorgetrieben (7 AT/Ring) und im Schutz der zementstabilisierten Jet-Schirme der Ausbruch mit einer Teilschnittmaschine ausgeführt. Zuvor führte man ein Versuchsprogramm mit Eignungsprüfung durch und während der Bauausführung täglich Aufzeichnungen mit Angaben über die Suspension (W/Z = 0,8-1,1), Bodenproben, Bohrkern und Prüfergebnisse für alle Jet-Pfähle zur Qualitätssicherung. Die Lockergesteinsstrecke des Zugwaldtunnels ist fertiggestellt.

#### Baustelle Einspurstrecke Vereinatunnel Nord

Nach Ing. HTL *Oskar Schwarz* von der Arge Vereinatunnel Nord in Klosters soll in diesem etwa 10 km langen Baulos (rund 200 Mio. Franken) im kristallinen Gestein die

Tunnelröhre (7,64 m Ø, 46 m<sup>2</sup> Ausbruchfläche) mechanisch aufzufahren werden. Dafür wird dieselbe Tunnelbohrmaschine (TBM) eingesetzt werden, die ab Anfang 1994 zuvor im Zugwaldtunnel rund 1,8 km Tunnel aufzufahren hat. Sie wird derzeit in einer 25/10/13 m grossen Kaverne (im Anschluss an die mit dem Jettingverfahren vorgetriebenen Lockergesteinsstrecke) im Zugwaldtunnel montiert und soll im Dezember 1993 zur Probe laufen. – Der Tunnel erhält Sohlübbinge. Für den Transport des Ausbruchs werden Dieselschotterzüge eingesetzt.

Anschliessend sprach dipl. Bauing. ETH/SIA *Walter Krebs* von der Stuaag aus Bassersdorf über die «Planung des mechanischen Vortriebs für die Einspurstrecke auf der Nordseite». Die TBM dafür ist objektbezogen. Da bei den Überlagerungen von 800 bis 1200 m plastische Verformungen der Tunnelröhre zu erwarten sind, hat sie zur Anpassung an Gebirgsverformungen einen Bohrkopf mit veränderlichem Durchmesser (7690 ± 150 mm). Der Bohrkopf ist besetzt mit 55 Rollenmeisseln (416/490 mm Ø) mit max. 300 kN Anpressdruck und hat 0-7,5 U/min Drehzahl.

Die TBM hat zehn Antriebsmotore mit je 250 kW Leistung sowie 16 Spannschilde mit max. 60 000 kN Verspannkraft. Sie ist 18 m lang und ist in zwei Teilen antransportiert worden. Als logistischer Teil des mechanisierten Vortriebs dient der Nachläufer der TBM mit Einrichtungen für Vorabdichtung, Ankerung, Betonspritzen und Nacharbeiten sowie den Bereichen für Spritzbetonumschlag/-förderung und Verladung des Ausbruchs.

Beim Vortrieb mit der TBM werden Störzonen durch Injektionen verfestigt; von der Tunnelbrust aus werden seismische Vorkundungen (bis 200 m) vorgenommen. Man rechnet mit den Gebirgsausbruchklassen I-III (86%), IV+V (10%), Vi+VII (4%).

### Projekt Prättigauerstrasse

Dipl. Bauing. ETH/SIA *Heinz Dicht* aus Chur gab als Oberingenieur des Kantonalen Tiefbauamtes Graubünden einen Überblick über den Stand des «Projektes Prättigauerstrasse», das zur Verkehrsberuhigung in den Ortschaften zahlreiche Brücken, Viadukte und Tunnel zur Umfahrung erforderlich macht. Die Baukosten dafür nähern sich einer Milliarde Franken.

Am zweiten Tag der Veranstaltung wurden in mehreren Gruppen die Baustellen Zugwaldtunnel (TBM und Jetting) und Vereinatunnel (Lose Nord und Süd) besucht und dabei die Baustelleneinrichtungen und Bauausführungen vor Ort in den Tunnels besichtigt.

Die Zahl der Teilnehmer zeigte das grosse Interesse der Fachwelt an diesen Bauarbeiten. Die Tagung war vom SIA sehr gut organisiert, wozu die Vortragenden und die Baufirmen ihren Teil beitrugen. *BruX*

Zur FGU-Studientagung Vereina wird eine Dokumentation erscheinen, die ab Januar 1994 beim SIA-Generalsekretariat, Tel. 01/283 15 60, erhältlich ist.